Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 4, Oct- Nov 2017, p. 480-490

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 4، مهر - آبان 1396، ص. 490-480

# تاثیر متابی‌سولفیت سدیم و پیش تیمار اسمزی بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی برش لیموترش شیرازی خشک شده تحت خلاء

آیسان فلکی[1]- نارملا آصفی[2]*

تاریخ دریافت: 1394/08/06
تاریخ پذیرش: 1395/03/16

## چکیده

در این مطالعه تاثیر محلول متابی سولفیت سدیم و پیش تیمارهای اسمزی مختلف (شکر 40درصد ، نمک 15 درصد و ترکیب شکر- نمک با20درصد- 20درصد) بر میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول قبل از خشک شدن تحت خلاء و میزان سرعت خشک شدن، اسید اسکوربیک، EC50، چروکیدگی و ویژگی‌های حسی تعیین شد. طبق نتایج، غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم در (سطح احتمال 1%) خاصیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش و زمان خشک شدن و میزان اسید اسکوربیک نمونه‌ها را کاهش داد. همچنین محلول اسمزی ترکیبی(شکر 20 درصد -نمک 20 درصد) نقش عمده‌ای در کاهش رطوبت وافزایش درصد جذب مواد جامد محلول طی اسمز داشت. همچنین استفاده از محلول اسمزی شکر 40 درصد توانست مواد مغذی میوه را حفظ کرده و باعث افزایش کیفیت تغذیه‌ای محصول نهایی گردد.

**واژه‌های کلیدی:** اسمز، خشک کردن تحت خلاء، لیموترش، متابی سولفیت سدیم

## مقدمه

لیمو ترش (*Citrus Limon*) بعد از پرتقال و نارنگی از سومین مرکبات مهم جهان است. خواص لیموترش به اسید اسکوربیک و ترکیبات فنلی و عمدتا به فلاونوئیدها نسبت داده شده است (Garcia و همکاران، 2013). عصاره پوست مرکبات و (همچنین لیمو ترش) به‌عنوان یک منبع طبیعی از آنتی‌اکسیدان و مهارکننده رادیکال‌های آزاد می‌باشند (Campelo *et al*, 2011; Rehman, 2006).

امروزه بسیاری از متخصصین تغذیه برای تأمین آنتی‌اکسیدان‌های مورد نیاز بدن، مصرف گیاهان، میوه‌جات و سبزیجات را توصیه می‌نمایند، زیرا معمولاً مصرف آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی عوارض جانبی کمتر و درمان بهتری ایجاد می‌نمایند. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی باعث افزایش قدرت آنتی‌اکسیدان‌های پلاسما و کاهش ابتلا به بعضی بیماری‌ها مانند سرطان، بیماری‌های قلبی و سکته مغزی می‌شوند (میرزایی و همکاران، 1390).

خشک کردن میوه‌ها و کاهش رطوبت یکی از بهترین راه‌های نگهداری می‌باشد، فرآیندهای خشک شدن می‌تواند متفاوت باشد واین فرآیند نیز بر کیفیت نهایی و خواص تغذیه‌ای محصول تاثیر بسزایی دارد اما بطور کلی فرآیندهای خشک کردن در دماهای بالا باعث کاهش خواص تغذیه‌ای می‌شود(Garcia *et a.l*, 2013).

آب‌گیری اسمز می‌تواند به عنوان پیش فرایندی جهت آبگیری اولیه میوه‌ها قبل از خشک کردن با هوای داغ مورد استفاده قرار گیرد (امام جمعه و علا الدینی، 1384). عوامل زیادی بر انتقال مواد در آب‌گیری اسمزی تاثیر دارد که میتوان به ترکیب محلول اسمزی، غلظت محلول اسمزی، دمای انجام فرآیندو ایجاد حرکت (استفاده از شیکر) اشاره کرد (Phisut, 2012).

از دست دادن آب به طریق اسمزی می‌تواند برای حذف آب محصولات حساس به حرارت با مصرف انرژی کم و در درجه حرارت پایین بسیار مناسب باشد اما این روش به تنهایی و بصورت تک مرحله‌ای نمی‌تواند برای خشک کردن در مدت زمان کوتاه مناسب باشد (Changure and Orsat, 2009). مطالعات حاکی از نرخ تخریب پایین ترکیبات در روش اسموتیک می‌باشد، همچنین روند تخریب اسید اسکوربیک بستگی به دمای هوای خشک‌کن دارد (Marfil *et al*., 2008).

پیش تیمار اسمزی علاوه بر کاهش زمان خشک کردن با مهار فعالیت آنزیمی باعث حفظ رنگ طبیعی و حفظ رایحه فرار در طول خشک کردن می‌شود (Harati *et al*,. 2011). در خشک کردن تحت خلاء، حذف رطوبت از محصولات غذایی تحت فشار پایین

---

1 و 2- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: n.asefi@iaut.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.50952

انجام می‌گیرد. فشار پایین اجازه می‌دهد دمای خشک کردن به حداقل کاهش یابد و کیفیتی بالاتر از روند معمولی خشک کردن باهوای داغ در فشار اتمسفر به‌دست بیاید. خشک‌کن خلاء برای محصولات حساس به حرارت واکسید شدن مناسب است (Arevalo *et al*,. 2007). فعالیت آنتی‌اکسیدانی در غلظت‌های بالای اسمزی کاهش می‌یابد در مقابل غلظت کم محلول اسمزی و کاهش مدت زمان خشک کردن و خلاء(عدم حضور اکسیژن) باعث حفظ قدرت آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Stojanovic and Silva, 2007). هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر متابی‌سولفیت‌سدیم و پیش تیمار اسمزی بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی برش لیموترش شیرازی خشک شده تحت خلاء بوده است.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش لیمو ترش شیرازی از بازار محلی تبریز خریداری گردید و قبل از انجام آزمایشات در سردخانه بالای صفر نگهداری شد. لیموترش‌ها یک ساعت قبل از تهیه تیمارها از یخچال خارج شده در معرض دمای محیط قرار گرفتند و پس از شستشو، توسط یک کاتر دستی (قالب آلومینیومی) به برش‌های نازکی حدوداً 4 میلی‌متر برش داده شدند. مدت زمان غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم در تمامی نمونه‌ها 10 دقیقه، نسبت نمونه به محلول 1:6 و مدت زمان اسمز 4 ساعت و نسبت محلول به نمونه 1:5 در دمای محیط و فشار اتمسفری بوده و عمل هم‌زدن در مدت زمان ثابت هر یک ساعت در طی اسمز انجام شد.

**جدول1- تیمارهای بکار رفته در آزمایش**

| ردیف | نوع محلول اسمزی | کد |
|---|---|---|
| 1 | بدون غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم و بدون اسمز | $a_1b_1$ |
| 2 | بدون غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم با محلول اسمز شکر40 درصد | $a_1b_2$ |
| 3 | بدون غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم با محلول اسمز نمک15 درصد | $a_1b_3$ |
| 4 | بدون غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم با محلول اسمز ترکیب شکر و نمک20-20درصد | $a_1b_4$ |
| 5 | غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم و بدون اسمز | $a_2b_1$ |
| 6 | غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم و با محلول اسمز شکر40 درصد | $a_2b_2$ |
| 7 | غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم و با محلول اسمز نمک15درصد | $a_2b_3$ |
| 8 | غوطه وری در متا بی سولفیت سدیم و با محلول اسمز ترکیب شکر و نمک20-20درصد | $a_2b_4$ |

آون مورد استفاده در این پژوهش دستگاه آون تحت خلاء محصول شرکت Memert آلمان بوده که در دمای 60 درجه سلسیوس و فشار 70 میلی‌بارعمل خشک کردن تا رسیدن به رطوبت 5درصد تکمیل گردید.

### محتوای رطوبتی

محتوای رطوبت نمونه‌ها از طریق خشک کردن آن‌ها در آون هوای داغ در دمای 1±105درجه سلسیوس، تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد (AOAC, 1990). محتوای رطوبتی از روابط (1) و (2) محاسبه گردید.

$$W = \frac{(w_0)}{(wt)} \times 100 \qquad (1)$$

wt= وزن کل نمونه قبل از خشک شدن

$w_0$= وزن نمونه بعد از خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت

$$S = 100 - W \qquad (2)$$

S= درصد ماده خشک و W= درصد رطوبت

پس از تعیین محتوای رطوبتی نمونه‌ها در مرحله خشک شدن تحت خلاء(اندازه‌گیری محتوای رطوبتی نمونه‌ها بعد از پایان اسمز و قبل از قرار گرفتن در آون خلاء و در طول مدت خشک شدن در آون خلاء) ، نمودار نسبت رطوبت در نرم‌افزار اکسل، رسم وزمان خشک شدن نمونه‌های مختلف بدست آمد.

### میزان خروج آب و نفوذ مواد جامد محلول در طی اسمز

خروج آب (WL)[1] مقدار رطوبتی است که در طی فرایند از بافت محصول خارج شده و به داخل محلول اسمزی راه پیدا کرده است. عوامل اسمزی که از محلول اسمزی وارد بافت محصول می‌شود تحت عنوان جذب مواد جامد محلول طی اسمز(SG)[2] تعریف می‌شود. برای محاسبه این دو کمیت از روابط(3) و (4) استفاده شد (Shulka and Singh, 2007).

$$WL = \frac{(W_0 - W_t) + (S_t - S_0)}{W_0} \times 100 \qquad (3)$$

$$SG = \frac{S_t - S_0}{S_0} \times 100 \qquad (4)$$

1 Water lose
2 Solid gain

W0= جرم اولیه نمونه (برحسب گرم)

Wt= جرم نمونه پس از پایان مرحله اسمز(برحسب گرم)

St= جرم خشک نمونه بعد از اسمز (برحسب گرم)

S0= جرم خشک نمونه قبل از اسمز (برحسب گرم)

### اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

روش انـدازه گیـری فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی در ایـن مطالعـه، روش Cemeroglu (2010)، بود. بدین منظور که در داخل 5 لوله‌ی آزمایش 600 میکرولیتر از محلول DPPH[1]ریخته و به ترتیب مقـادیر 100، 80، 60، 40، 20 میکرولیتر از عصاره اضافه شد و تمامی بالن‌ها با متانول به حجم 6 میلی‌لیتر رسانده شد. بالن حجمی ششم به‌عنوان بالن شاهد که حاوی 600 میکرولیتر محلول DPPH می‌باشد در نظر گرفته شد. جذب تمامی نمونه‌ها پس از 15 دقیقه نگهداری در دمای اتاق و محیط تاریک با دسـتگاه اسـپکتروفتومتر در طـول مـوج 517 نـانومتر قرائـت شـدند (Cemeroglu, 2010). اسـپکتروفتومتر یـا طیف‌سنج دستگاهی است که شدت نور را به‌صـورت تـابعی از طـول موج اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه روش تجزیه، دستگاهی است که در آن تابش الکترومغناطیسی در ناحیه مرئی و ماورابنفش جذب ماده می‌شود و از روی شدت جذب مقدار ماده تعیین می‌شود. نوع دسـتگاه اسپکتروفتومتر در این آزمایش مدل UNICO ، UV-2100 بود.

با استفاده از رابطه(5)، مقادیر درصد بازدارنـدگی (٪) محاسـبه و سپس نمودار استاندارد درصد به حجـم نمونـه رسـم شـد و میـزان EC50(میلی‌گرم ماده که می‌توانـد 50 درصـد از رادیکـال‌هـای آزاد موجود را از بین ببرد) هر نمونه بدست آمد.

$$\text{درصدبازدارندگی} = \frac{(ADPPH - As)}{ADPPH} \times 100 \qquad (5)$$

As= میزان جذب نمونه در طول موج 517 نانومتر

ADPPH= میزان جذب محلول DPPH در طول موج 517 نانومتر

### اندازه‌گیری اسید اسکوربیک

در این تحقیق اندازه‌گیری اسید اسکوربیک (ویتامین ث) توسـط روش تیتراسیون با استفاده از معرف 2 و 6 دی‌کلـرو فنـل انـدوفنل و رابطه(6)، محاسبه گردیـد (Cemeroglu, 2010). در نهایـت مقـدار اسیداسکوربیک به‌صورت میلی‌گرم بر صد گرم نمونه بر وزن خشـک گزارش شد.

$$\text{میلی‌گرم اسید اسکوربیک در100 گرم نمونه} = \frac{(V * f)}{M} \times 100 \qquad (6)$$

V= مقـدار 2 و 6 دی‌کلـرو فنـل انـدو فنـل اسـتفاده شـده در تیتراسیون (برحسب میلی‌لیتر)

f= فاکتور 2 و 6 دی‌کلرو فنل اندو فنل، یعنی یک میلی‌لیتر 2 و 6 دی‌کلرو فنل اندو فنل معـادل چنـد میلـی‌گـرم اسـید اسـکوربیک (برحسب میلی‌گرم)

M= وزن نمونه موجود در عصاره (برحسب گرم)

### ارزیابی چروکیدگی

برای ارزیابی چروکیدگی محصول فراوری شده از روش جابه‌جایی سیال استفاده شد.طبق رابطه(7)، چروکیدگی تحت عنوان درصد تغییر حجم نمونه‌ی فراوری شده نسبت به نمونه‌ی خـام تعریـف مـی‌شـود (یاسائی مهرجردی و همکاران، 1390). میزان جابجایی سیال (در این روش از تولوئن استفاده شده است) در پیکنومتر، حجم نمونه مورد نظر را نشان می‌دهد.

$$S\% = \frac{(Vi - V)}{Vi} \times 100 \qquad (7)$$

$V_i$ = حجم نمونه قبل از خشک کردن(برحسب سانتی‌متر مکعب)

V= حجم نمونه بعد از خشک کردن(برحسب سانتی‌متر مکعب)

S% = چروکیدگی(برحسب درصد)

### ارزیابی ویژگی‌های حسی

ارزیابی حسی بر اساس مقبولیت کلی رنـگ، طعـم، بافـت، بـو و شکل ظـاهری محصـول نهـایی، بـه روش هـدونیک پـنج نقطـه‌ای (کمترین امتیاز1-بیشترین امتیاز2) وبا استفاده از 30 نفر پانلیست انجام شد. جهت تغییر ذائقه پانلیست‌ها در بین نمونه‌ها از آب استفاده شد. در تجزیه و تحلیل داده‌ها هر10 پانلیست به عنوان یک تکـرار محسـوب شد (صداقت و حسینی، 1390).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از طرح فاکتوریـل کامل و در سه تکرار انجام و از نرم‌افزار Design Expert 7 اسـتفاده شد. و کلیه نمودارها توسط نرم‌افزار اکسل رسم گردید.

## نتایج و بحث

### 3خروج رطوبت از بافت میوه طی اسمز(WL)

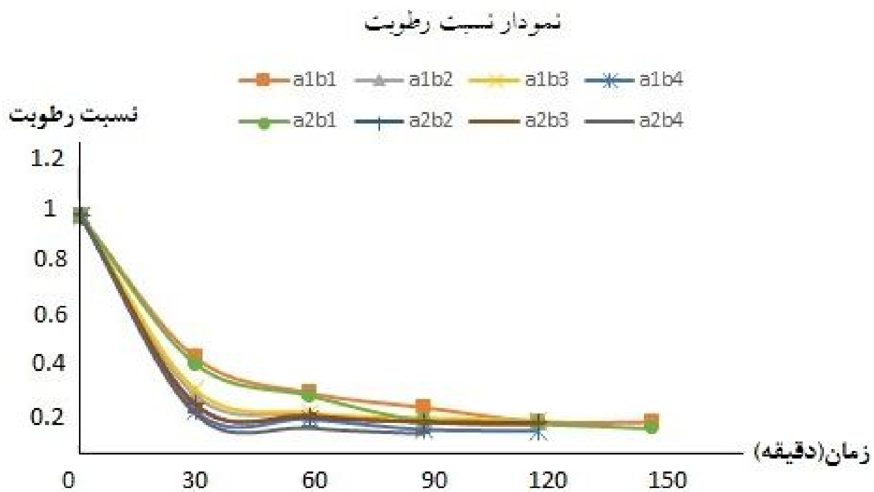
غوطه‌وری در محلول متـابی‌سـولفیت سـدیم بـا سـطح احتمـال (0/0001>)، میزان خروج آب از بافت میوه را در طی اسـمز افـزایش داد. به‌نظر می‌رسد که متابی‌سولفیت سدیم با اثر بـر سـاختار سـلولی بافت میوه، رفتار آن‌را در طی اسمز تحت تاثیر قرار می‌دهد. در واقـع محلول گوگردی شدت انتشار را در طی اسمز افزایش می‌دهد. مطالعه شمایی و امام جمعـه (1389)، Kotwaliwale و همکـاران (2007) و

1 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

Karim (2010)، نتایج مشابهی در این زمینه نشان داد. همچنین بیشترین مقدار خروج آب از بافت میوه در محلول اسمزی ترکیب شکر و نمک مشاهده شد. نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از مخلوطی شامل دو یا چند عامل اسمزی شدت خروج آب از بافت میوه را در طی اسمز افزایش می‌دهد. احتمالا علت آن افزایش فشار اسمزی در مقایسه با سایر محلول‌های اسمزی بوده است که انتقال آب بیشتری را در مقایسه با محلول ساده اسمزی به خارج بافت میوه سبب شده است. این نتیجه با نتایج Lerici وهمکاران (2006) و صوتی خیابانی(1381) مشابه بود. در این مطالعه نمونه غوطه‌ور شده در محلول متابی‌سولفیت سدیم و محلول اسمزی ترکیب شکر و نمک 30 تا 45 دقیقه زودتر از سایر نمونه‌ها به رطوبت 5 درصد در پایان مرحله خشک کردن رسید.

**تغییر محتوای رطوبت نمونه‌ها در طی اسمز**

شکل 1، تغییر محتوای رطوبت در نمونه‌های با پیش تیمارهای مختلف اسمزی تحت خلاء را نشان می‌دهد. بدیهی است که در تیمارهایی با میزان محتوای آب کمتر حاصل از فرایند اسمزی، سرعت خشک شدن تحت خلاء نیز افزایش می‌یابد. با توجه به نمودار، نمونه غوطه ور شده در محلول متابی‌سولفیت سدیم با پیش تیمار محلول اسمزی ترکیب شکر- نمک که دارای کمترین میزان محتوای رطوبتی می‌باشد زودتر از سایر تیمارها به رطوبت مطلوب 5درصد می‌رسد.




**شکل1- افت رطوبت در نمونه‌های با پیش تیمارهای مختلف اسمزی تحت خلاء**

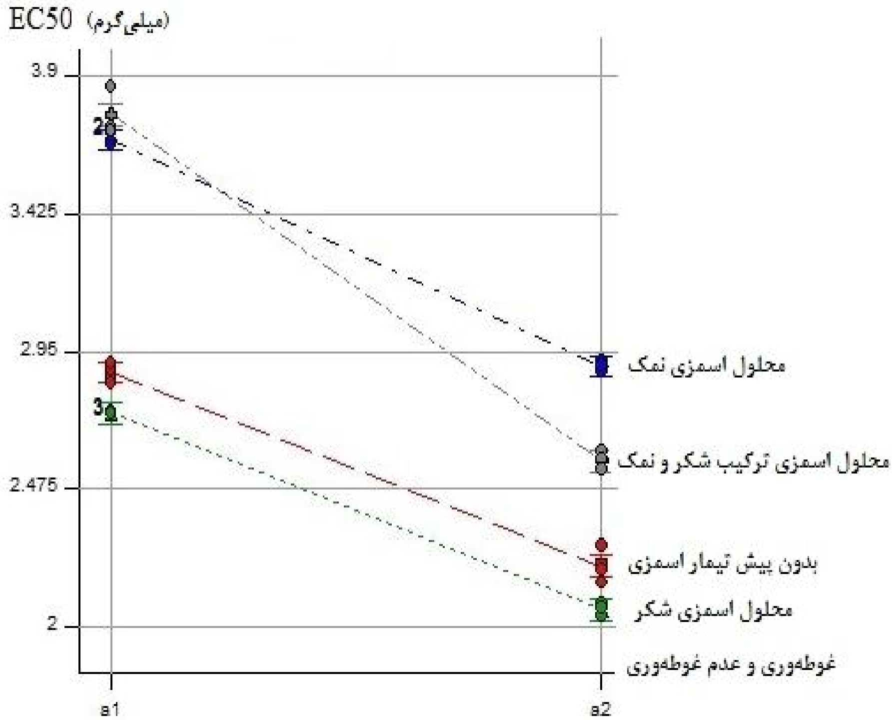
**میزان EC50**

شکل2، تغییرات EC50 نمونه‌های خشک شده را نشان می‌دهد. مقایسه محلول‌های اسمز نشان داد. که اختلاف معنی‌داری با سطح احتمال (0/0001>)، بین محلول‌های مختلف اسمزی وجود داشت. بطوری که پیش تیمار با محلول اسمزی شکر دارای کمترین میزان EC50 یعنی بالاترین توان آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. بیشترین مقدار EC50 یعنی کمترین میزان توان آنتی‌اکسیدانی، در تیمار بدون غوطه‌وری در محلول گوگردی و پیش تیمار محلول اسمزی نمک مشاهده شد.

مطابق شکل2، غوطه‌وری در محلول متابی‌سولفیت سدیم که در شکل این تیمار با حرف ($a_2$) نشان داده شده است توان آنتی‌اکسیدانی نمونه را افزایش داده یعنی میزان (EC50) را کاهش داده است. دلیل این امر بر مبنای خاصیت آنتی‌اکسیدانی متابی‌سولفیت سدیم استوار است. از آنجایی که متابی‌سولفیت سدیم یک احیاکننده شیمیایی می‌باشد به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان مصنوعی در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (نیکخواه و همکاران، 1389). پیش تیمار اسمزی شکر دارای بیشترین توان آنتی‌اکسیدانی (کمترین EC50) و پیش تیمار اسمزی ترکیب شکر و نمک دارای کمترین توان آنتی‌اکسیدانی (بیشترینEC50 )بود. میزان EC50 نمونه شاهد (بدون پیش تیمار اسمز) در مقایسه با محلول‌های اسمزی نمک و ترکیب شکر و نمک نشان می‌دهد پیش تیمار اسمز باعث خروج برخی مواد آنتی‌اکسیدانی (مثل اسید اسکوربیک) از بافت میوه شده است و از آنجاییکه شدت اسمز در محلول ترکیب شکر و نمک بیشتر از سایر محلول‌ها بوده توان آنتی‌اکسیدانی در این محلول‌ها کاهش یافته است. این نتیجه با نتایج مطالعه Lerici و همکاران (2006)، مطابقت دارد. وی علت افزایش EC50، در محلول اسمزی نمک و ترکیب شکر و نمک را افزایش فشار اسمزی بوجود آمده توسط تشدیدکننده انتشار (نمک)، در محلول‌های ذکر شده و خروج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از بافت لیمو ترش مطرح کرده است.

علت افزایش توان آنتی‌اکسیدانی لیموترش‌های خشک شده با

پیش تیمار اسمزی شکر را می‌توان به پایداری دیواره سلولی در طی اسمز (حفظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی) و ضخیم شدن دیواره سلولی نسبت داد. طبق یافته‌های محققان در اثر جذب ساکارز توسط ترکیبات سلولز، مواد پکتیکی و سایر پلی‌ساکاریدها دیواره سلولی ضخیم می‌شود در نتیجه مقدار خروج مواد مغذی در طی اسمز به کمترین مقدار می‌رسد (Lynch *et al*,. 2011). همچنین Nieto و همکاران (1998)، نتایجی مشابه در این زمینه اعلام کرده‌اند، طبق مطالعه ایشان پیش تیمار با محلول اسمزی قندی سبب ایجاد خاصیت ویسکوالاستیک در ساختار سلولی بافت میوه شده و مقاومت بافت را در از دست دادن مواد مغذی افزایش می‌دهد.




**شکل2- اثرمتقابل غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم و پیش تیمار با محلول اسمزی بر EC50**

### اسید اسکوربیک

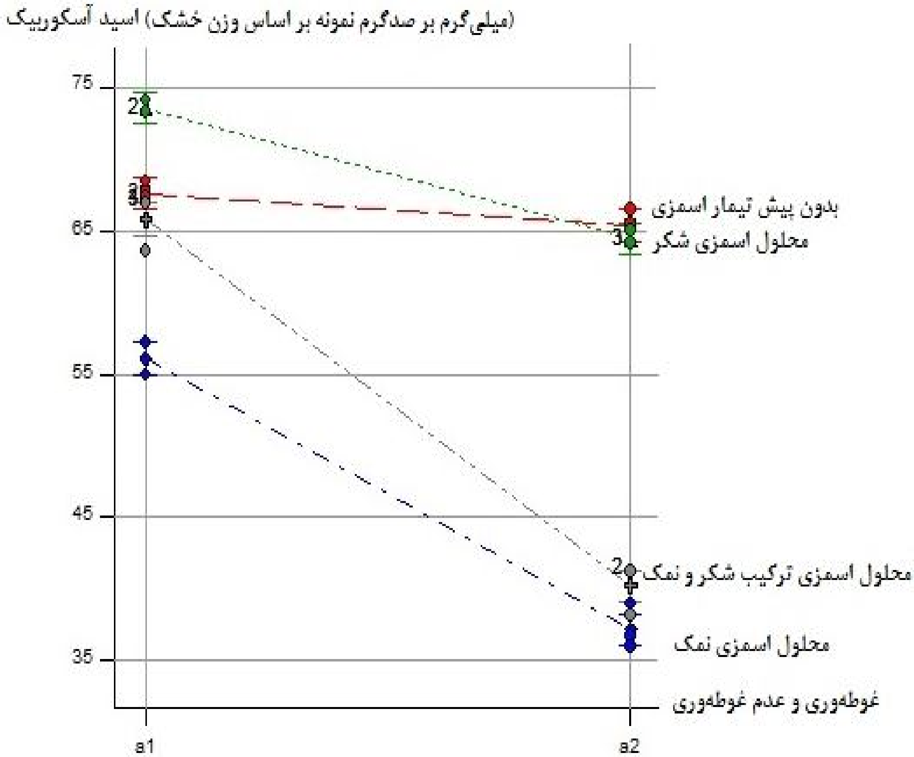
مطابق نتایج آزمایشات و طبق جدول2، اثرات مستقل و اثرات متقابل فاکتور غوطه‌وری و عدم غوطه‌وری در محلول متابی‌سولفیت سدیم و پیش تیمار با محلول‌های متفاوت اسمزی در سطح اطمینان 99%، ($P<0/01$) معنی‌دار بوده و بیشترین اثر به ترتیب مربوط به غوطه‌وری در متابی سولفیت سدیم(A) و پس از آن مربوط به پیش تیمار اسمزی (B) می‌باشد.

**جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) اثر تیمارهای مورد بررسی بر اسید اسکوربیک**

| منبع | درجه آزادی | مجموع مربعات | احتمال F | احتمال P |
|---|---|---|---|---|
| متابی سولفیت سدیم | 1 | 1171/87 | 710/57 | < 0/0001 |
| محلول‌های اسمزی | 3 | 2068/84 | 418/15 | < 0/0001 |
| اثرات متقابل | 3 | 42/20 | 97/46 | < 0/0001 |

معنی‌دار بودن اثر فاکتور غوطه‌وری در محلول متابی‌سولفیت سدیم در میزان اسید اسکوربیک نمونه‌های خشک شده که در جدول 2، مشاهده می‌گردد به علت حلالیت این ویتامین در آب بوده و هنگام شستشوی نمونه‌ها برای حذف باقی مانده متابی‌سولفیت سدیم از سطح نمونه‌ها، کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج تحقیق زیرجانی و توکلی‌پور (1389)، مطابقت دارد. طبق نتایج ایشان پیش تیمار با متابی‌سولفیت سدیم و سپس خشک کردن در آون، میزان اسید اسکوربیک را کاهش می‌دهد. از طرفی بررسی محلول‌های اسمزی نشان می‌دهد که محلول ترکیب شکر و نمک سبب افت قابل توجه اسید اسکوربیک نمونه‌ها می‌باشد. پیش تیمار اسمزی قبل از خشک

کردن سبب کاهش زمان خشک کردن شده ولی از طرفی سبب کاهش مواد مغذی محلول در آب نیز هست. پس بطور کلی در طی اسمز، برش‌های لیمو ترش درصدی از اسید اسکوربیک خود را از دست می‌دهند. این کاهش اسید اسکوربیک طبیعتا در محلول‌هایی که شدت اسمز در آن‌ها بیشتر است افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر استفاده از شکر برای تهیه پیش تیمار اسمزی باعث ضخیم شدن دیواره سلولی و حفظ مواد مغذی در بافت میوه می‌شود. به‌علاوه افت قابل توجه میزان اسید اسکوربیک در نمونه‌های پیش تیمار شده با غوطه وری در محلول متابی‌سولفیت سدیم و محلول ترکیب شکر و نمک ($a_2b_4$) و محلول اسمزی نمک ($a_2b_3$) به دلیل افزایش فشار اسمزی سبب افت بیشتر میزان این ویتامین در این تیمارها ($a_2b_3$, $a_2b_4$)شده است و از آنجایی که اسید اسکوربیک ویتامین ناپایدار محلول در آب است این فرضیه را قوت می‌بخشد. همچنین بررسی تیمارهای حاوی ترکیب شکر و نمک ($b_4$) در مقایسه با تیمار اسمزی نمک ($b_3$) پایداری ویتامین C را در ساختار بافت میوه نشان می‌دهد. Nieto و همکاران (1998)، نیز نتایج مشابهی در این زمینه اعلام کرده اند. نمونه شاهد بدون پیش تیمار اسمزی به دلیل افزایش زمان خشک شدن در آون، میزان اسید اسکوربیک کمتری نسبت به نمونه پیش تیمار شده با محلول اسمزی شکر داشت. به‌نظر می‌رسد افزایش زمان خشک شدن باعث کاهش میزان اسید اسکوربیک در این نمونه ها شده است (Karim and Adebowale , 2009). شکل3، معنی‌دار بودن اثر فاکتور غوطه‌وری در محلول متابی‌سولفیت سدیم در میزان اسید اسکوربیک نمونه‌های خشک شده را نشان می‌دهد.

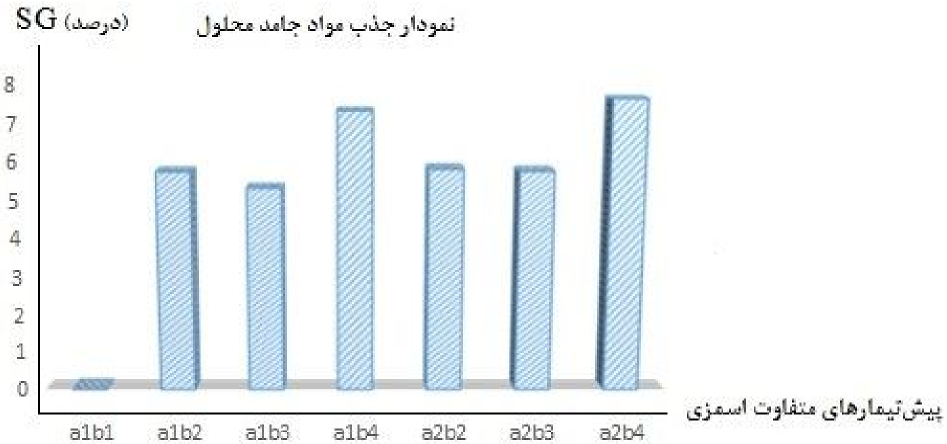



**شکل3- اثر متقابل غوطه‌وری در محلول متابی‌سولفیت سدیم و نوع محلول اسمزی بر میزان اسید اسکوربیک**

**میزان جذب مواد جامد محلول**

جذب مواد جامد محلول در طی اسمز به میزان زیادی به وزن مولکولی مواد جامد حل شده در محلول اسمزی بستگی دارد به‌طوری که مواد جامد حل شده با وزن مولکولی کم‌تر بیشتر وارد بافت میوه می‌شود. شکل 4، میزان جذب مواد جامد محلول طی اسمز را نشان می‌دهد.

مقایسه محلول‌های اسمز نشان داد پیش تیمار با محلول اسمزی ترکیب شکر- نمک ($b_4$) دارای بیشترین مقدار جذب مواد جامد توسط بافت در طی اسمز می‌باشد. محلول‌های اسمزی حاوی ترکیبی از عوامل اسمزی سبب افزایش فشار اسمزی در مقایسه با سایر محلول‌های اسمزی شده و مواد جامد بیشتری وارد بافت میوه می‌شود. در مطالعه Araujoو همکاران (2012)، نیز میزان جذب مواد جامد توسط نمونه‌هایی که با محلول اسمزی ترکیب شکر و نمک تیمار شدند، بیشترین مقدار را داشت.




**شکل 4- میزان جذب مواد جامد محلول**

### چروکیدگی

با ورود ماده جامد به داخل بافت و افزایش مقاومت مکانیکی بافت سلولی نمونه، از چروکیدگی بیشتر جلوگیری شده و محصول نهایی از لحاظ شکل ظاهری به نمونه تازه اولیه نزدیک می‌شود (Nieto *et al.*, 2004). نتایج بررسی نشان داد میزان چروکیدگی با سطح احتمال (0/0001>)، در تیمار اسمزی ترکیب شکر و نمک ($b_4$)، کمتر از بقیه تیمارهای اسمزی بود. به‌نظر می‌رسد این کاهش به دو دلیل رخ داده است. علت اول ورود مواد جامد محلول بیشتری بـه داخـل بافـت در مقایسه با سایر تیمارها و کاهش رطوبت بوده است، چنانکه طبق نتایج مطالعه Frrando و Spiess (2003)، افزایش فشار اسـمزی محلـول، به دلیل جانشین شدن آب خارج شده از بافت میوه با مواد جامد جذب شده، چروکیدگی سلول‌ها را کاهش می‌دهد و بـا توجـه بـه افـزایش شدت اسمز در محلـول اسـمزی ترکیـب شـکر و نمـک مـواد جامـد بیشتری به داخل بافت نفوذ می‌کند و چروکیدگی کـاهش مـی‌یابـد. نتایج مشابهی در تحقیق صوتی خیابانی و همکاران (1381) نیز دیده می‌شود. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد کـه تیمـار اسـمزی ترکیب شکر و نمک ($b_4$) سرعت خشک شدن بیشتری نسبت به سایر تیمارها (شیب 0/8304) و سپس پیش تیمار اسمزی شکر($b_2$) سرعت خشک شدن بیشتری نسبت به محلول اسمزی نمک($b_3$) داشت. علت دوم کاهش زمان خشک شدن به دلیل استفاده از پیش‌تیمار اسـمزی قبل از خشک کردن در آون بوده که کـاهش چروکیـدگی محصـول خشـک شـده را در پـی داشـته اسـت. Emamjomeh و همکـاران (2008)، طی مطالعه‌ای اثر سرعت خشک شدن بر میزان چروکیدگی محصول را بررسی کرده و نتایج مشابهی بدست آوردند که طبق آن، از دست دادن آب اسمزی قادر به کاهش زمان خشک شدن است که منجر به کاهش چروکیدگی می‌شود.

### ارزیابی ویژگی‌های حسی

طبق نتایج بدست آمده تفاوت معنی‌داری در بافت لیموترش‌های خشک شده دیده نمی‌شود. همچنین چون آون مورد اسـتفاده در ایـن تحقیق آون تحت خلاء بوده تغییرات رنگ در نمونه‌های خشک شده معنی دار نبود. چون مدت زمان خشک شدن در صورت استفاده از آون تحت خلاء در مقایسه با سایر روش‌ها کمتر است این در صورتی است که افزایش زمان خشک کردن تغییرات رنگ محصول را در پی خواهد داشت (فرحناکی و همکاران، 1388). خشک کـردن تحـت خـلاء بـا کاهش مدت زمان خشک شدن سبب حفظ رنگ محصول مـی‌گـردد (شمایی و امام جمعه، 1389). چنانکه جدول3، نیـز نشـان مـی‌دهـد محلول اسمزی با سطح احتمـال(0/0001>) معنـی‌دار بـوده امـا اثـر غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم معنی دار نیست.

**جدول 3- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) اثر تیمارهای مورد بررسی بر ویژگی‌های حسی**

| منبع | درجه آزادی | مجموع مربعات | احتمالF | احتمالP |
|---|---|---|---|---|
| متابی سولفیت سدیم | 1 | 0/029 | 0/26 | 0/6164 |
| محلول‌های اسمزی | 3 | 3/06 | 27/69 | < 0/0001 |
| اثرات متقابل | 3 | 0/093 | 0/84 | 0/4911 |

همچنین مقبولیت کلی بیشتر با صفت طعم تغییر مـی‌کنـد. زیـرا بیشترین تفاوت در امتیازها مربوط به طعم محصول بوده است. از آنجا که محلول اسمزی به طور مستقیم بر طعم نهایی بافت تاثیر می‌گذارد انتخاب محلول اسمزی مناسب نقش عمده‌ای در تعیین ویژگی حسی قابل قبول را دارا می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن تمامی پارامترها، یعنـی نمونـه‌هـایی کـه دارای کمترین میزان EC50 وچروکیدگی و بیشترین میزان اسید اسکوربیک و بهتـرین ویژگـی حسـی بـوده‌انـد. تیمار،غوطـه وری در محلـول متابی‌سولفیت سدیم و پیش تیمار اسمزی شـکر ($a_2b_2$) مناسـب‌تـرین تیمار این مطالعه می‌باشد

## منابع


AOAC. 1990, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, International, Fruits and Fruits Products. *Washington*, USA, 829-830.

Araujo, P.M., Fonesca, J.R.L., Magalhaes, M.M.A. and Medeiros, M.F.D., 2012, Drying of carrots in slices with osmotic dehydration, *African journal of biotechnology*, 13(30): 3061- 3067.

Arevalo Pinedo, A. and Xidieh Murr, F., 2007, Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin, *Journal of Food Engineering*, 80: 152–156.

Campelo, L.M.L., Almeida, A.A., Freitas, R.L.M., Cerqueira, G.S., Sousa, G.F., Saldanha, G.B., Feitosa, C.M. and Freitas, R.M., 2011, Antioxidant and Antinociceptive Effects of Citrus Limon Essential Oil in Mice. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, doi:10.1155/2011/678673.

Cemeroglu, B., 2010, Gidalara uygulanan bazi ozel analiz yontemleri. Gida analizleri, 91-93, Gida Teknolojisi Dernegi *Yayinlari*. Ankara.

Changrue, V. and Orsat, V., 2009, Osmotically dehydrated microwave vacuum drying of carrots, *Canadian Biosystems Engineering*, 51: 311- 315.

Emamjomeh, Z., Tahmasbi, M., Pirouzifard, M.KH. And Asghari, GH.R. 2008. Study on the effect of osmotic pretreatment on the structural and microstructure properties. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 1(39): 133-139.

Emamjomeh, Z. and alaedini, B., 2005, Quality improvement and formulation with osmotic dehydration pretreatment kiwifruit, Iranian journal of agriculture science, 6(36): 1421-1427.

Farahnaki, A., Askari, H. and Mesbahi, GH, 2009, the use of digital imaging for evaluating color changes of rutab during drying in a cabinet drier, Iranian journal of food science and technology, 2(6): 43-52.

Ferrando, M. and Spiess, W.E.L., 2003, Mass Transfer in Strawberry Tissue during Osmotic Treatment II: Structure□function Relationships, *Journal of Food Science*, 68(4): 1356-1364.

Garcia-Salas, P., Gomez-Caravaca, A.M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., Guerra-Hernandez, E., Garcia-Villanova, B. and Fernández-Gutiérrez, A., 2013, Influence of technological processes on phenolic compounds, organic acids, furanic derivatives, and antioxidant activity of whole-lemon powder, *Food Chemistry*, 141: 869–878.

Harati, A., Fatemian, H., Hosseini, E., Asadi, Gh.H. and Darvish, F., 2011. An Investigation of Mass Transfer Phenomena during Osmotic Dehydration of Orange Slices. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2(3): 1- 10.

Karim, O.R., 2010, Effect of sulphiting and osmotic pretreatment on the effective moisture diffusion coefficients Deef of air drying of pineapple slices, Department of home economics and food science, university of Ilorin, Ilorin,Nigeria, 10(10): 4168- 4184.

Karim, O.R. and Adebowale, A.A., 2009, a dynamic method for kinetic model of ascorbic acid degradation during air dehydration of pretreated pineapple slices, *International Food Research Journal*, 16: 555-560.

Kotwaliwale, N., Bakane, P. and Verma A., 2007, Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying, *Food Engineering*, 78: 1207-1211.

Lerici, C.R., Pinanavaia, G., Dalla Rosa, M. and Bartolucci, L., 2006, Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality, *Journal of Food Science*, 50(5): 1217-1219.

Lynch, P., Siddika, A., Johnston, J., Trigwell, S.M., Mehra, A., Benelli, C., Lambadri, M. and Benson, E., 2011, Effects of osmotic pretreatments on oxidative stress, antioxidant profiles and cryopreservation of olive somatic embryos, *Plant Science*, 181: 47-56

Marfil, P.H.M., Santos, E.M. and Telis, V.R.N., 2008, Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions, *LWT Food Science and Technology*, 41: 1642-1647.

Mirzaei, A., Mohammadi, J., Mirzaei, N. and Mirzaei, M., 2011, the antioxidant capacities and total phenolic content of some medicinal plants in Iran, Journal of fasa university of medical sciences, 1(3): 160-167.

Nieto, A. B., Salvatori, D. M., Castro, M. A. and Alzamora, S. M., 2004, Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: Shrinkage, porosity, density and microscopic features, *Journal of Food Engineering*, 61: 269-278.

Nieto, A. B., Salvatori, D. M., Castro, M. A. and Alzamora, S. M., 1998, Air drying behavior of apples as affected by blanching and glucose impregnation, *Journal of Food Engineering*, 36: 63-79.

Nikkhah, E., Khayyami. M. and Heidari, M., 2012, Effect of some chemicals on stability of anthocyanins from blackberry (Morus nigra), Iranian journal of biology, 1(25): 32-43.

Phisut, N., 2012, Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits, International Food Research Journal, 19(1): 7-18.

Rehman, Z., 2006, Citrus peel extract – A natural source of antioxidant. Food Chemistry, 99(3): 450-454.

Sedaghat, N, and Hosseini, f., 2010, Evaluation of physicochemical and sensory properties of pet containers packed lemon juice, Iranian journal of food science, 1(8): 93-100.

Shamayi, S. and Emamjomeh, Z., 2005, the effect of pretreatments in combination with hot air. Vacuum and hot a microwave drying methods the progress of the drying process and textural, and colour and rehydration rate on button mushroom (agaricus bisporus), Iranian food science and technology research journal, 3(6): 193-200.

Shulka, B. D. and Singh, S. P., 2007, Osmo-Convective drying of cauliflower, mushroom and greenpea, *Journal of food Engineering*, 80:741-747.

Stojanovic, J. and Silva, J., 2007, Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries. *Food Chemistry*, 101: 898–906.

Soleimani, J., Emamjomeh, Z. and Ghasemzadeh, H., 2006, Osmotic dehydration pretreatment for air-dried carrot, Quarterly pajouhesh-va-sazandegi, and 78: 101-109.

Sovtikhiyabani, M., Sahri, M., Emamjomeh, Z., 2003, optimizing the production process of peach slice by osmosis, Iranian journal of agriculture science, 34(2): 283-291.

Yasaei Mehrjerdi, P., Ghiasi Tarzi, B., Basiri, A.R., Bameni Moghaddam, M. and Esfandiari, C., 2011, Optimaztion of processing conditions in vacuum frying of pumpkin (Cucurbita Moschata Duch), Innovation in food science and technology, 3(3): 61-69.

Zirjani, L. and Tavakoli pour, H., 2010, the effect of different pretreatments in drying process of banana using microwave, Innovation in food science and technology, 2(1): 53-64.

**Iranian Food Science and Technology Research Journal**
**Vol. 13, No. 4, Oct- Nov 2017, p. 480-490**

**نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران**
**جلد 13، شماره 4، مهر - آبان 1396، ص. 490-480**

# Effect of sodium metabisulphite and osmo dehydrated pretreatment on physicochemical and organoleptic characteristics of vaccum dried citrus lemon (shirazi) slice

**A. Falaki[1], N. Asefi[2*]**

Received: 2015.10.28
Accepted: 2016.06.05

**Introduction:** Nutrition research on the health benefits of substances in plant foods (phytochemicals) has recently advanced to a new stage, as ascorbic acid, these phytonutrients is abundant in citrus fruit, and all show physiologic actions that may contribute to cancer prevention. Citrus lemon is an important source of this nutritional qualityand it has low durability due to its high water content (87%). Therefore, some practical solutions such as drying could help to increase their sustainable necessary for improve production. Different drying methods have considerable impact on the quality of final product. Vacuum drying can preserved nutrients and increased the nutritional quality of the final product. This behavior could be related to drying process at low temperatures in the absence of oxygen. In vacuum drying, removal of moisture from food products takes place under low pressure. The lower pressure allow drying temperature to be reduced and higher quality to be obtained than with classical air conventional process at atmospheric pressure. Osmotic dehydration can be used to remove water from heat-sensitive products with low energy consumption at a low temperature. Since osmotic dehydration cannot remove whole moisture but it is good as a preliminary partial dehydration step. Higher osmotic concentration, long time and oxygen resulted in higher loss of antioxidant activity but fit osmotic concentration and time. The osmotic process has received considerable attention as a pre-treatment to reduce energy consumption and improve food quality, besides reducing the drying time in different research studies. The osmotic dehydration as a pre-treatment also inhibits enzymatic growing, retains natural color and retains volatile aromas during the subsequent drying. Sodium metabisulphite is an inorganic compound. It is used as antioxidant (through oxidation prevention) and preservative agent. The purpose of this study was to quantify the flow of soluble micronutrients, such as ascorbic acid, antioxidant agent during osmosis and its effects on the changes of organoleptic characteristics (flavor, taste, color and texture) in final product.

**Materials and method:** In this study, lemons (shirazi) of uniform quality were purchased from the local market Tabriz city (Iran) and stored at 4ºC then the local temperature reached before use. The prepared slices of lemon with a thickness of 4 mm, were immersed in a solution of sodium metabisulphite (1500ppm) for 10 minutes at room temperature. Then, the influence of three different osmotic solution, (40 % sugar, 15 % salt and 20%:%20 sugar/ salt) on osmotic dehydration (water loss and solid gain) prior to vacuum drying oven (Memmert, Schwabach, Germany) at temperature: 60C and pressure: 70mbar, were investigated the (Shulka and Singh, 2007) method. Moisture content was determined by the oven drying method (AOAC, 1990). The effects of various drying parameters such as osmotic solution and metabisulphite treatment on the quality of dried lemon slices were evaluated. Drying kinetics were presented in terms of the temperature of the product during drying, drying curve and drying time and quality aspects were studied in terms EC50 by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl absorption rate in spectrophotometer method (Cemeroglu, 2010), ascorbic acid by the 2, 6-dichlorophenol Indophenol titration method (Cemeroglu, 2010), shrinkage by the fluid movement (by ethanol) method (yasaemehrjerdi et al, 2012), and sensory evaluation by the ratings table method. Also the experiment was conducted according to a completely randomized design in triplicates. Data were evaluated by analysis of variance (ANOVA), using Design Expert software, and version dx7-trial .

**Result & discussion:** The result showed that the pretreatment with osmotic solution, has significant effect (level 1%) on physicochemical and organoleptic characteristics. In this study, shrinkage levels were reduced to an average of 20 percent because of the evolution of volume of dried lemon tissue throughout osmotic dehydration in osmotic aqueous solution were closely supported by microstructural and ultrastructural changes.

---

1 And 2. M.Sc Graduate and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
(Corresponding author's Email: n.asefi@iaut.ac.ir)

The observed behavior of structural parameters could be partially explained in terms of the multicomponent diffusion process occurring during osmosis as well as the relaxation of structural stresses of the compressed viscoelastic cell walls. Water loss in samples immersed in sodium metabisulphite was increased, while EC50 (reduced EC50 amount that's mean increased antioxidant capacity) and that ascorbic acid content were decreased. Also combined osmotic solution (salt 20%- sugar 20%), considerable in water loss and solid gain due to the combined osmotic solution were increased. Mass transfer in samples was increased by increasing the osmotic pressure using salt. The sugar solution can be preserved fruit nutrients and increased the sensory quality of the final product through preserved antioxidant capacity and ascorbic acid content. model presented the best fit for the observed data and sample immersion in sodium metabisulphite with sucrose osmotic solution selected. Since, changing the original taste of fruit in osmotic dehydration considered to be a negative factor. Therefore, the selection of the best solution must be based on the sensory properties. Based on the obtained results, the best osmotic solution for dried lemon was found to be the sugar solution.

**Key Words**: Citrus lemon, Osmotic, Sodium metabisulphite, Vacuum drying